

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
15. September 2005 (15.09.2005)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2005/085769 A2

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: **G01F**

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2005/050905

(22) Internationales Anmeldedatum:
2. März 2005 (02.03.2005)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
102004010992.3 3. März 2004 (03.03.2004) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von
US): **ENDRESS+HAUSER GMBH+CO. KG** [DE/DE];
Hauptstrasse 1, 79689 Maulburg (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **LOPATIN, Sergej**
[RU/DE]; Pestalozzistrasse 51, 79540 Lörrach (DE).

(74) **Anwalt: ANDRES, Angelika**; c/o Endress+Hauser
(Deutschland), Holding GmbH, PatServe, Colmarer
Strasse 6, 79576 Weil am Rhein (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,
CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI,
GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE,
KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD,
MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG,
PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ,
TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA,
ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG,
ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU,
TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK,
EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, MC, NL,
PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI,
CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu ver-
öffentlichen nach Erhalt des Berichts

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Ab-
kürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Co-
des and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der
PCT-Gazette verwiesen.

(54) **Title:** DEVICE FOR DETERMINING AND/OR MONITORING A PROCESS VARIABLE

(54) **Bezeichnung:** VORRICHTUNG ZUR BESTIMMUNG UND/ODER ÜBERWACHUNG EINER PROZESSGRÖSSE

(57) **Abstract:** The invention relates to a device for determining and/or monitoring a process variable of a medium, comprising an oscillatable unit (1) which is fixed to a membrane (5), a transmitter/receiver unit (6) which excites the membrane (5) and the oscillatable unit (1) in order to cause oscillations and which receives said vibrations from the oscillatable unit (1), said transmitter/receiver unit (6) being embodied in the form of a disk-shaped piezo-electric element (15), also comprising a control /evaluation unit (10) which monitors and/or determines the process variable according to the oscillations of the oscillatable unit (1). According to the unit (1), the disk-shaped piezo-electric element (15) comprises segments (18) which are substantially polarized in an opposite direction, and at least two oppositely polarized electrodes (20) are arranged on the side (16) of the disk-shaped piezo-electric element (15) which faces away from the membrane (5).

(57) **Zusammenfassung:** Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Bestimmung und/oder Überwachung einer Prozessgrösse eines Mediums, mit einer an einer Membran (5) befestigten schwingfähigen Einheit (1), mit einer Sende-/Empfangeinheit (6), die die Membran (5) und die schwingfähige Einheit (1) zu Schwingungen anregt und die die Schwingungen der schwingfähigen Einheit (1) empfängt, wobei es sich bei der Sende-/Empfangeinheit (6) um ein scheibenförmiges piezoelektrisches Element (15) handelt, und mit einer Regel-/Auswerteeinheit (10), die anhand der Schwingungen der schwingfähigen Einheit (1) die Prozessgrösse überwacht und/oder bestimmt. Die Erfindung beinhaltet, dass das scheibenförmige piezoelektrische Element (15) Segmente (18) aufweist, die im Wesentlichen gegenseitig zueinander polarisiert sind, und dass auf der Seite (16) des scheibenförmigen piezoelektrischen Elements (15), welche von der Membran (5) abgewandt ist, mindestens zwei entgegengesetzt polarisierte Elektroden (20) aufgebracht sind.



WO 2005/085769 A2

Beschreibung

Vorrichtung zur Bestimmung und/oder Überwachung einer Prozessgröße

- [001] Die Erfindung bezieht sich auf eine Vorrichtung zur Bestimmung und/oder Überwachung einer Prozessgröße eines Mediums, mit einer an einer Membran befestigten schwingfähigen Einheit, mit einer Sende-/Empfangseinheit, die die Membran und die schwingfähige Einheit zu Schwingungen anregt und die die Schwingungen der schwingfähigen Einheit empfängt, wobei es sich bei der Sende-/Empfangseinheit um ein scheibenförmiges piezoelektrisches Element handelt, und mit einer Regel-/Auswerteeinheit, die anhand der Schwingungen der schwingfähigen Einheit die Prozessgröße überwacht und/oder bestimmt. Bei der Prozessgröße handelt es sich beispielsweise um den Füllstand, die Dichte oder die Viskosität eines Mediums.
- [002] Es sind bereits Vorrichtungen mit zumindest einem Schwingelement, sog. Vibrationsdetektoren, zur Detektion bzw. zur Überwachung des Füllstandes eines Füllguts in einem Behälter bekannt geworden. Bei dem Schwingelement handelt es sich üblicherweise um zumindest einen Schwingstab, der an einer Membran befestigt ist. Die Membran wird über einen elektro-mechanischen Wandler, z. B. ein piezoelektrisches Element, zu Schwingungen angeregt. Aufgrund der Schwingungen der Membran führt auch das an der Membran befestigte Schwingelement Schwingungen aus.
- [003]
- [004] Als Füllstandsmessgeräte ausgebildete Vibrationsdetektoren nutzen den Effekt aus, dass die Schwingungsfrequenz und die Schwingungsamplitude abhängig sind von dem jeweiligen Bedeckungsgrad des Schwingelements: Während das Schwingelement in Luft frei und ungedämpft seine Schwingungen ausführen kann, erfährt es eine Frequenz- und Amplitudenänderung, sobald es teilweise oder vollständig in das Füllgut eintaucht. Anhand einer vorbestimmten Frequenzänderung (üblicherweise wird die Frequenz gemessen) lässt sich folglich ein eindeutiger Rückschluss auf das Erreichen des vorbestimmten Füllstandes des Füllguts in dem Behälter ziehen. Füllstandsmessgeräte werden übrigens vornehmlich als Überfüllsicherungen oder zum Zwecke des Pumpenleerlaufschutzes verwendet.
- [005] Darüber hinaus wird die Dämpfung der Schwingung des Schwingelements auch von der jeweiligen Dichte des Füllguts beeinflusst. Daher besteht bei konstantem Bedeckungsgrad eine funktionale Beziehung zur Dichte des Füllguts, so dass Vibrationsdetektoren sowohl für die Füllstands- als auch für die Dichtebestimmung bestens geeignet sind. In der Praxis werden zwecks Überwachung und Erkennung des Füllstandes bzw. der Dichte des Füllguts in dem Behälter die Schwingungen der

Membran aufgenommen und mittels zumindest eines Piezoelements in elektrische Empfangssignale umgewandelt. Die elektrischen Empfangssignale werden anschließend von einer Auswerte-Elektronik ausgewertet. Im Falle der Füllstandsbestimmung überwacht die Auswerte-Elektronik die Schwingungsfrequenz und/oder die Schwingungsamplitude des Schwingelements und signalisiert den Zustand 'Sensor bedeckt' bzw. 'Sensor unbedeckt', sobald die Messwerte einen vorgegebenen Referenzwert unter- oder überschreiten. Eine entsprechende Meldung an das Bedienerpersonal kann auf optischem und/oder auf akustischem Weg erfolgen. Alternativ oder zusätzlich wird ein Schaltvorgang ausgelöst; so wird etwa ein Zu- oder Ablaufventil an dem Behälter geöffnet oder geschlossen.

[006] Aus der DE 100 22 891 ist eine äußerst vorteilhafte Variante einer Sende-/ Empfangseinheit bekannt geworden, über die einerseits die Membran des Vibrationsdetektors zu Schwingungen angeregt wird und über die andererseits die Schwingungen der Membran aufgenommen und in elektrische Signale umgewandelt werden. Es sind jeweils zwei Sende- und Empfangselektroden vorgesehen, die im wesentlichen 90°-Kreissegmente und auf derselben Seite eines scheibenförmigen piezoelektrischen Elements angeordnet sind. Das piezoelektrische Element selbst ist homogen polarisiert und hat einen kreisförmigen Querschnitt. Zum Betreiben des piezoelektrischen Elements ist ein Inverter vorgesehen.

[007] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die Ausgestaltung einer Vorrichtung zur Bestimmung und/oder Überwachung einer Prozessgröße derartig zu verbessern, dass der Konstruktions- und Schaltungsaufwand möglichst gering ist.

[008] Die Aufgabe wird dadurch gelöst, dass das scheibenförmige piezoelektrische Element mindestens zwei Segmente aufweist, die im Wesentlichen gegensinnig zueinander polarisiert sind, und dass auf der Seite des scheibenförmigen piezoelektrischen Elements, welche von der Membran abgewandt ist, mindestens zwei entgegengesetzt polarisierte Elektroden aufgebracht sind. Das piezoelektrische Element weist also Segmente auf, die gegensinnig zueinander polarisiert sind. Die Richtung der Polarisierung sollte jedoch im Wesentlichen senkrecht zur Membran sein. Weiterhin sind diese Segmente mit Elektroden verbunden, die ebenfalls unterschiedliches Polarisationszeichen tragen. Dies hat zur Folge, dass das Anlegen einer Wechsel-Spannung an die Elektroden bei den Segmenten jeweils abwechselnd zu einer Verkürzung und einer Erhöhung der Schichtdicke des piezoelektrischen Elements führt. Elektrisch sind die Segmente also in Reihe geschaltet. Der große Vorteil liegt darin, dass das piezoelektrische Element nur von einer Seite kontaktiert werden muss, es müssen also keine Elektroden an die Unterseite – d.h. die der Membran zugewandte Seite des piezoelektrischen Elements – herangeführt und mit dem Element verbunden werden. Dies ist vor allem dann wichtig, wenn die Vorrichtung sehr klein dimensioniert ist, so dass nur

sehr wenig Platz für das Führen von Leitungen vorhanden ist.

- [009] Eine vorteilhafte Ausgestaltung sieht vor, dass auf der Seite des scheibenförmigen piezoelektrischen Elements, welche von der Membran abgewandt ist, genau zwei entgegengesetzt polarisierte Elektroden aufgebracht sind. Diese Ausgestaltung ist hinsichtlich der Ausführung und der Kosten minimal. Damit verbunden ist auch, dass das piezoelektrische Element nur zwei Segmente aufweist, die im Wesentlichen gegensinnig zueinander polarisiert sind. Vorteilhaft ist es, wenn sich die Elektroden genau oberhalb der Segmente befinden und auch jeweils nur mit einem Segment elektrisch leitend verbunden sind.
- [010] Eine Ausgestaltung beinhaltet, dass die Elektroden im Wesentlichen formgleich sind. Eine solche symmetrische Ausgestaltung hat den Vorteil, dass es nicht zu einer fehlerhaften Kontaktierung kommen kann. Weiterhin werden so jeweils gleich große Bereiche des piezoelektrischen Elements zu Schwingungen angeregt.
- [011] Eine Ausgestaltung sieht vor, dass die Elektroden die Form von Halbkreis-segmenten aufweisen. Dies ist eine besondere Ausgestaltung des symmetrischen Aufbaus, wobei diese Ausgestaltung für die Anwendung von zwei Elektroden vorbehalten bleibt.
- [012] Eine Ausgestaltung beinhaltet, dass die Elektroden so ausgestaltet und angeordnet sind, dass sie sich kreisringförmig umgeben. Diese Ausgestaltung kann auch bei mehreren Elektroden angewendet werden. Vorzugsweise befindet sich eine Elektrode kreisförmig – also ein Kreisring, dessen Radius des kleineren/inneren Kreises den Radius Null hat – in der Mitte des piezoelektrischen Elements und wird von der Elektrode oder den Elektroden kreisringförmig umgeben wird.
- [013] Eine Ausgestaltung sieht vor, dass das piezoelektrische Element auf der Seite, welche der Membran zugewandt ist, zumindest teilweise mit einer leitfähigen Beschichtung versehen ist. Dazu beinhaltet eine Ausgestaltung, dass die Seite, welche der Membran zugewandt ist, elektrisch leitend mit Masse verbunden ist. Somit ergibt sich also die elektrische in Reihe Schaltung der Segmente des piezoelektrischen Elements. Je nach Ausgestaltung der Vorrichtung kann die der Membran zugewandten Seite auch direkt leitend mit dem Gehäuse verbunden werden.
- [014] Die Erfindung wird anhand der nachfolgenden Zeichnungen näher erläutert. Es zeigt:
- [015] Fig. 1: eine schematische Darstellung der erfindungsgemäßen Vorrichtung,
- [016] Fig. 2: ein Schnitt durch die erfindungsgemäße Vorrichtung,
- [017] Fig. 3a, 3b und 3c: Draufsichten auf das piezoelektrische Element.
- [018] Fig. 1 zeigt eine schematische Darstellung der erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Bestimmung und/oder Überwachung einer Prozessgröße eines Mediums in einem Behälter - Behälter und Füllgut sind übrigens in der Fig. 1 nicht gesondert dargestellt.

Bei der Prozessgröße kann es sich um den Füllstand, die Dichte oder die Viskosität des Mediums handeln. Die Vorrichtung weist ein im wesentlichen zylindrisches Gehäuse auf. An der Mantelfläche des Gehäuses ist ein Gewinde zur Befestigung der Vorrichtung vorgesehen. An der Membran 5 der Vorrichtung 1 ist die in den Behälter ragende schwingfähige Einheit 1 befestigt. Im dargestellten Fall hat die schwingfähige Einheit 1 die Ausgestaltung einer Stimmgabel, umfasst also zwei voneinander beabstandete, auf der Membran 5 befestigte und in den Behälter hineinragende Schwingstäbe. Die Membran 5 wird von einer Sende-/Empfangseinheit 6 in Schwingungen versetzt, wobei die Sendeeinheit die Membran 5 mit einer vorgegebenen Sendefrequenz zu Schwingungen anregt und die Empfangseinheit die Antwortsignale der schwingfähigen Einheit 1 empfängt. Aufgrund der Schwingungen der Membran 5 führt auch die schwingfähige Einheit 1 Schwingungen aus, wobei die Schwingungsfrequenz verschieden ist, wenn die schwingfähige Einheit 1 mit dem Füllgut in Kontakt ist und eine Massenankopplung an das Füllgut besteht oder wenn die schwingfähige Einheit 1 frei und ohne Kontakt mit dem Füllgut schwingen kann.

[019] Piezoelektrische Elemente ändern ihre Dicke in Abhängigkeit von einer in Polarisationsrichtung anliegenden Spannungsdifferenz. Liegt eine Wechselspannung an, so oszilliert die Dicke: Nimmt die Dicke zu, so nimmt der Durchmesser des piezoelektrischen Elementes ab; nimmt andererseits die Dicke ab, so vergrößert sich der Durchmesser des piezoelektrischen Elements entsprechend. Aufgrund dieses Schwingungsverhaltens des piezoelektrischen Elements 15 bewirkt die Spannungsdifferenz ein Durchbiegen der in das Gehäuse eingespannten Membran 5. Die auf der Membran 5 angeordneten Schwingstäbe der schwingfähigen Einheit 1 führen aufgrund der Schwingungen der Membran 5 gegensinnige Schwingungen um ihre Längsachse aus. Die elektrischen Empfangssignale werden von der Regel-/Auswerteeinheit 10 ausgewertet.

[020] Fig. 2 zeigt einen Schnitt durch die Vorrichtung. Dargestellt ist das piezoelektrische Element 15 mit den hier dargestellten Segmenten 18, die einander entgegengerichtet polarisiert sind (siehe die Pfeile zur Verdeutlichung der Polarisationsrichtungen). Oberhalb der Segmente befinden sich auf der von der Membran abgewandten Seite 16 des piezoelektrischen Elements 15 die Elektroden 20, die jeweils unterschiedliches Polarisationszeichen tragen (- und +). Aufgrund der unterschiedlichen Polarisationsrichtung der Segmente 18 und dem Vorzeichen der Elektroden 20 führt ein Wechselstrom zu einer alternierenden Dickenänderung des piezoelektrischen Elements 15. Die der Membran zugewandte Seite 17 des piezoelektrischen Elements 15 kann elektrisch leitend mit dem Gehäuse und damit mit Masse verbunden werden oder wenn ein galvanische Trennung eingehalten werden muss, kann auch eine Isolationsschicht zwischen dem piezoelektrischen Element 15 und der Membran 5 eingebracht werden.

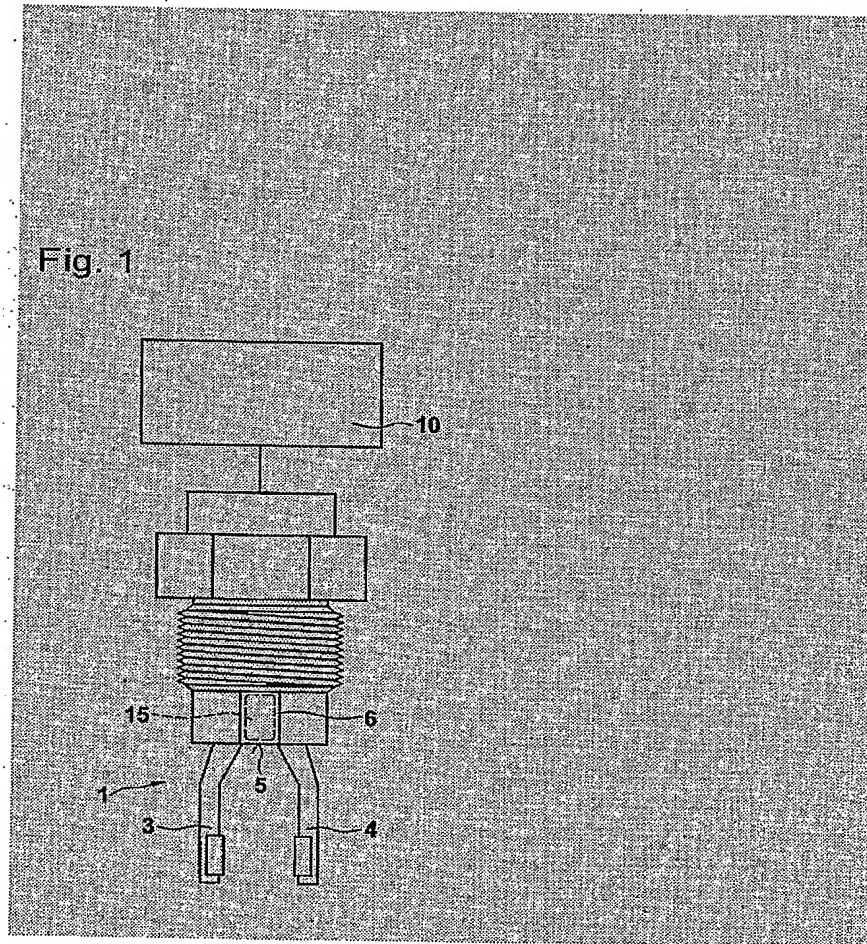
Für eine Kontaktierung der der Membran 5 zugewandten Seite 17 kann auch ein Abschnitt des piezoelektrischen Elements 15 umkontaktiert und somit die Verbindung mit Masse über diesen Abschnitt durchgeführt werden.

[021] In den Fig. 3a bis 3c sind zwei Ausgestaltungen der von der Membran abgewandten Seite des piezoelektrischen Elements (Fig. 3a und 3c) und eine Ausgestaltung der der Membran 5 zugewandten (Fig. 3b) Seite dargestellt. Das piezoelektrische Element 15 selbst ist jeweils vorzugsweise kreisförmig ausgestaltet. In der Fig. 3a ist eine Variante zu sehen, in der zwei Elektroden 20 aufgebracht sind, die im Wesentlichen halbkreisförmig ausgestaltet sind. Zwischen den Elektroden ist eine Isolationsschicht 21 angebracht, so dass die Elektroden 20 nicht kurzgeschlossen sind. In der Fig. 3c ist eine Elektrode 20 kreisförmig – bzw. diese Elektrode ist kreisringförmig ausgebildet, wobei jedoch die Dicke des Rings gleich dem Radius des äußeren Kreises ist – und eine kreisringförmig ausgebildet. Auch hier befindet sich zwischen den Elektroden eine Isolationsschicht 21. Die Fig. 3b zeigt die der Membran zugewandte Seite, die vorzugsweise mit Masse verbunden ist, um eine in Reihe Schaltung der Segmente des piezoelektrischen Elements zu bewirken. Auf der der Membran zugewandten Seite ist eine leitfähige Schicht 25 aufgebracht. Beispielsweise handelt es sich um eine metallische Schicht. Diese Ausgestaltung der der Membran zugewandten Seite lässt sich also sowohl mit der Variante in Fig. 3a als auch in Fig. 3c der anderen Seite kombinieren.

Ansprüche

- [001] Vorrichtung zur Bestimmung und/oder Überwachung einer Prozessgröße eines Mediums, mit einer an einer Membran (5) befestigten schwingfähigen Einheit (1), mit einer Sende-/Empfangseinheit (6), die die Membran (5) und die schwingfähige Einheit (1) zu Schwingungen anregt und die die Schwingungen der schwingfähigen Einheit (1) empfängt, wobei es sich bei der Sende-/Empfangseinheit (6) um ein scheibenförmiges piezoelektrisches Element (15) handelt, und mit einer Regel-/Auswerteeinheit (10), die anhand der Schwingungen der schwingfähigen Einheit (1) die Prozessgröße überwacht und/oder bestimmt, **dadurch gekennzeichnet**, dass das scheibenförmige piezoelektrische Element (15) mindestens zwei Segmente (18) aufweist, die im Wesentlichen gegensinnig zueinander polarisiert sind, und dass auf der Seite (16) des scheibenförmigen piezoelektrischen Elements (15), welche von der Membran (5) abgewandt ist, mindestens zwei entgegengesetzt polarisierte Elektroden (20) aufgebracht sind.
- [002] Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass auf der Seite (16) des scheibenförmigen piezoelektrischen Elements (15), welche von der Membran (5) abgewandt ist, genau zwei entgegengesetzt polarisierte Elektroden (20) aufgebracht sind.
- [003] Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Elektroden (20) im Wesentlichen formgleich sind.
- [004] Vorrichtung nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Elektroden (20) die Form von Halbkreissegmenten aufweisen.
- [005] Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Elektroden (20) so ausgestaltet und angeordnet sind, dass sie sich ringförmig umgeben.
- [006] Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass das piezoelektrische Element (15) auf der Seite (17), welche der Membran (5) zugewandt ist, zumindest teilweise mit einer leitfähigen Beschichtung (25) versehen ist.
- [007] Vorrichtung nach Anspruch 1, 2 oder 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Seite (17), welche der Membran (5) zugewandt ist, elektrisch leitend mit Masse verbunden ist.

[Fig. 001]



[Fig. 002]

